

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

25 AUG 2004

REC'D 03 SEP 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 35 567.7

**Anmeldetag:** 31. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** Behr GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft  
und Verfahren zum Betreiben einer derartigen  
Kreislaufanordnung

**IPC:** F 02 B 29/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. August 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoß

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

5

---

BEHR GmbH & Co. KG  
Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

---

10

**Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft und Verfahren zum  
Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung**

15

Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Turbolader gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung.

20

Gemäß dem Stand der Technik werden zur Leistungssteigerung von Motoren Turbolader Erhöhung des Luftdurchsatzes im Motor verwendet. Bei der hierfür erforderlichen Verdichtung wird die Luft, im Folgenden als Ladeluft bezeichnet, jedoch auf Grund der Kompression im Turbolader erwärmt. Um den mit der Erwärmung der Ladeluft einhergehenden Dichteverlust zu kompensieren, d.h. die Luftdichte zu erhöhen, werden Lufterkühler verwendet, die vorne im Kühlmodul angeordnet sind und zur Kühlung der Ladeluft dienen. Die Ladeluft strömt dabei durch einen Wärmetauscher, der von Umgebungsluft durchströmt und damit gekühlt wird. Dadurch ist eine Abkühlung der Ladeluft auf eine Temperatur möglich, die etwa 15 K über der Temperatur der Umgebungsluft liegt.

30

35

Ferner ist bekannt, dass die Kühlung der Ladeluft über einen Kühlmittelkreislauf erfolgt, beispielsweise einem Niedertemperatur-Kreislauf, in dem das Kühlmittel auf sehr niedrige Temperaturen herabgekühlt wird. Mit diesem kalten Kühlmittel wird die Ladeluft in einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler auf

eine vorgegebene Kühltemperatur heruntergekühlt. Für die Verschaltung des Niedertemperatur-Kreislaufs gibt es zwei Varianten, nämlich eine Integration des Niedertemperatur-Kreislaufs in einen Nebenkreislauf des Motorkühlsystems oder eine Ausgestaltung in Form eines separaten Kreislaufs.

5

Soll die Motorleistung weiter erhöht werden, so stoßen die bekannten Aufladesysteme bezüglich Aufladegrad und Ansprechverhalten bei Niedriglast an ihre Grenzen.

10

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kreislaufanordnung der eingangs genannten Art zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Kreislaufanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

15

Erfindungsgemäß wird eine Kreislaufanordnung mit einem Niedertemperatur-Kreislauf zur Kühlung von Ladeluft, die einem Motor zugeführt wird, bei einem Kraftfahrzeug mit einem Turbolader vorgesehen, wobei eine zweistufige Verdichtung der Ladeluft in einem ersten Niederdruck-Turbolader und einem zweiten Hochdruck-Turbolader erfolgt, wobei zur Kühlung der Ladeluft nach dem Niederdruck-Turbolader und vor dem Hochdruck-Turbolader ein erster Kühler und nach dem Hochdruck-Turbolader und vor dem Motor ein zweiter Kühler vorgesehen ist. Durch die Zwischenkühlung nach dem ersten Niederdruck-Turbolader wird sichergestellt, dass keine zu hohen Lufttemperaturen auftreten, wodurch die Standzeit der verwendeten Bauteile, die den hohen Temperaturen ausgesetzt sind, erhöht werden kann. Die zweistufige Kühlung zeigt ein vorteilhaftes dynamisches Verhalten. Da die Zwischenkühlung in der Teillast kaum Wärmelasten aufnimmt, kühlt das im Niedertemperatur-Kreislauf enthaltene Kühlmittel auf ein niedriges Temperaturniveau knapp oberhalb der Umgebungstemperatur ab. Daraus ergibt sich eine erhebliche Kühlleistungsreserve, die beim Übergang auf hohe Motorlast ausgenutzt werden kann.

20

25

30

35

Der Bauraumbedarf ist im Vergleich zu bekannten Lösungen relativ gering, da es trotz der Zwischenkühlung nur je eine Ladeluft-Leitung zum und vom

Kühlmodul gibt und nur ein motormaher kühlmittelgekühlter Ladeluft-Kühler anzuordnen ist.

5 Bevorzugt ist für die erste Kühlung der Ladeluft ein Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler vorgesehen und für die zweite Kühlung der Ladeluft ein Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler vorgesehen. Dabei werden insbesondere durch die Zwischenkühlung Standfestigkeitsprobleme beim luftgekühlten Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler vermieden.

10 Der Bauraum kann dadurch optimal ausgenutzt werden, dass der Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler direkt neben einem Niedertemperatur-Kühler und in Luftströmungsrichtung der Kühlluft gesehen vor einem Haupt-Kühlmittel-Kühler angeordnet ist. Dabei nimmt die Stirnfläche des Niedertemperatur-Kühlers vorzugsweise 20% bis 50% der gesamten Stirnfläche ein.

15 Gemäß einer bevorzugten Variante ist der Niedertemperatur-Kreislauf Teil eines Motorkühl-Kreislaufs, jedoch kann er auch getrennt ausgebildet sein, wobei eine Regelung zur Einsparung der Kosten nicht unbedingt nötig ist. Ebenfalls möglich ist eine Zwischenkühlung mit Luft und/oder eine Kühlung  
20 der Ladeluft nach der zweiten Verdichterstufe mit Hilfe eines Kühlmittels.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

25 Fig. 1 eine Kreislaufanordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine Kreislaufanordnung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel,

30 Fig. 3 ein Diagramm, welches die Austrittstemperatur der zweiten Verdichterstufe über der Austrittstemperatur der Zwischenkühlung zeigt, und

Fig. 4 ein Diagramm, welches den Stirnflächenanteil des Niedertemperatur-Kühlers über der Austrittstemperatur der Zwischenkühlung zeigt.

5 Fig. 1 zeigt eine Kreislaufanordnung K, welche zur Kühlung zweier hintereinandergeschalteter Turbolader, nämlich eines Niederdruck-Turboladers 1 und eines Hochdruck-Turboladers 2, dient. Die mit dem Bezugszeichen 13 be-  
10 zeichnete Ladeluft wird von der Umgebung angesaugt und im Niederdruck-Turbolader 1 in einer ersten Stufe verdichtet. Dabei erhöht sich die Temperatur der Ladeluft 13. Um eine weitere Verdichtung ohne Beeinträchtigung der Standzeit in Folge einer Überhitzung der mit der Ladeluft 13 in direktem oder indirektem Kontakt stehenden Bauteile zu erzielen, was bei Aluminium bei Temperaturen ab etwa 230°C der Fall ist, wird die verdichtete Ladeluft in einem Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3 gekühlt, welcher Teil eines  
15 Niedertemperatur-Kreislaufs NK ist. Auf den Niedertemperatur-Kreislauf NK wird an späterer Stelle näher eingegangen.

Nach der Kühlung im Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3 gelangt die Ladeluft 13 in den Hochdruck-Turbolader 2, in dem sie weiter auf ihren End-  
20 druck verdichtet wird, was wiederum mit einer Erhitzung verbunden ist. Um die Ladeluftdicke im (Verbrennungs-)Motor 8 zu erhöhen, wird die heiße Ladeluft 13 in einem Ladeluft/Luft-Kühler 4 gekühlt bevor sie dem Motor 8 zugeführt wird. In Folge der Zwischenkühlung kann erreicht werden, dass die maximalen Ladelufttemperaturen nach der letzten Turboladestufe auf ein Maß begrenzt bleiben, das den Einsatz von luftgekühlten Ladeluft-Kühlern erlaubt (vgl. Fig. 3). Dies ist in Hinblick auf die Kosten und den vorhandenen  
25 Bauraum vorteilhaft.

Der Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3 für die Zwischenkühlung ist  
30 motornah angeordnet und wird durch den separaten Niedertemperatur-Kreislauf NK versorgt. Dabei ist im Niedertemperatur-Kreislauf NK ein Luftkühler, im Folgenden als Niedertemperatur-Kühler 5 bezeichnet, vorgesehen, den das Niedertemperatur-Kühlmittel 14 im Anschluss an den Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3 durchströmt.

35

5 Der Niedertemperatur-Kühler 5 ist, wie in Fig. 1 dargestellt, direkt im Anschluss neben dem Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler 4 angeordnet, welche beide in Strömungsrichtung der Kühlluft 15 gesehen, vor einem Haupt-Kühlmittel-Kühler 6 angeordnet sind. Die Luft wird dabei von einem Lüfter 7 angesaugt, der hinter dem Haupt-Kühlmittel-Kühler 6 angeordnet ist. Der Niedertemperatur-Kühler 5 ist derart dimensioniert, dass seine Stirnfläche zwischen 20% und 50% der im Kühlmodul maximal möglichen Stirnfläche beträgt (siehe Fig. 4). Alternativ kann auch der Niedertemperatur-Kühler 5 im Luftstrom vor dem luftgekühlten Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler 4 angeordnet sein.

10 Die Kühler sind dabei derart angeordnet, dass Kühler, die sich auf niedrigem mittlerem Temperaturniveau befinden, im kalten Kühlluftstrom positioniert werden, und Kühler, die sich auf hohem Temperaturniveau befinden, im warmen Kühlluftstrom positioniert werden.

15 Das Niedertemperatur-Kühlmittel 14 strömt weiter zur Pumpe 10, welche für das Umlaufen des Kühlmittels 14 sorgt, und von dort aus wiederum zum Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3.

20 Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Niedertemperatur-Kühlmittel-Kreislauf NK nicht geregelt, er kann derart eingestellt sein, dass eine möglichst gute Ladeluftkühlung erzielt wird, Siedeprobleme beim Kühlmittel 14 aber nicht auftreten können. Der Niedertemperatur-Kühlmittel-Kreislauf NK enthält relativ wenig Kühlmittel 14. Die Siedeproblematik ist leicht zu vermeiden, da am Austritt der ersten Verdichterstufe keine sehr hohen Ladeluft-Temperaturen auftreten.

25 30 Der Motor 8 wird von einem Motorkühl-Kreislauf MK, in welchem ein Motor-Kühlmittel 12 strömt gekühlt. Hierin wird das im Haupt-Kühlmittel-Kühler 6 abgekühlte Kühlmittel 12 dem Motor 8 über die Pumpe 9 zugeführt. Die Regelung der Kühlleistung erfolgt durch einen Bypass-Thermostat 11 auf an sich bekannte Weise.

Fig. 2 zeigt eine Kreislaufanordnung K gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, welche im Wesentlichen mit der des ersten Ausführungsbeispiels übereinstimmt, soweit nicht im Folgenden beschrieben. Hierbei werden die gleichen Bezugszeichen verwendet.

5

10

In Abwandlung zum ersten Ausführungsbeispiel ist gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel kein separater Niedertemperatur-Kreislauf NK vorgesehen. Das Kühlmittel 14 wird vielmehr aus dem Motorkühl-Kreislauf MK von der Druckseite der Pumpe 9 abgezweigt und dem Niedertemperatur-Kühler 5 zugeführt. Im Niedertemperatur-Kühler 5 wird das Kühlmittel 14 stark abgekühlt und strömt anschließend zum kühlmittelgekühlten Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 3, wo es der Zwischenkühlung der Ladeluft 13 dient. Anschließend wird das Kühlmittel 14 am Motoraustritt wieder dem Kühlmittelstrom des Motorkühl-Kreislaufs MK zugemischt.

5

## Bezugszeichenliste

	1 Niederdruck-Turbolader
	2 Hochdruck-Turbolader
10	3 Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler
	4 Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler
	5 Niedertemperatur-Kühler
	6 Haupt-Kühlmittelkühler
	7 Lüfter
15	8 Motor
	9 Pumpe
	10 Pumpe
	11 Thermostat
	12 Kühlmittel
20	13 Ladeluft
	14 Niedertemperatur-Kühlmittel
	15 Kühlluft
	K Kreislaufanordnung
	MK Motorkühl-Kreislauf
25	NK Niedertemperatur-Kreislauf



5

## Patentansprüche

- 10 1. Kreislaufanordnung mit einem Niedertemperatur-Kreislauf (NK) zur  
Kühlung von Ladeluft (13), die einem Motor (8) zugeführt wird, bei ei-  
nem Kraftfahrzeug mit einem Turbolader, dadurch gekennzeichnet,  
dass eine zweistufige Verdichtung der Ladeluft (13) in einem ersten  
15 Niederdruck-Turbolader (1) und einem zweiten Hochdruck-Turbolader  
(2) erfolgt, wobei zur Kühlung der Ladeluft (13) nach dem Niederdruck-  
Turbolader (1) und vor dem Hochdruck-Turbolader (2) ein erster Kühler  
(3) und nach dem Hochdruck-Turbolader (2) und vor dem Motor (8) ein  
zweiter Kühler (4) vorgesehen ist.
- 20 2. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
für die erste Kühlung der Ladeluft (13) ein Niederdruck-  
Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (3) vorgesehen ist.
- 25 3. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
dass für die zweite Kühlung der Ladeluft (13) ein Hochdruck-  
Ladeluft/Luft-Kühler (4) vorgesehen ist.
- 30 4. Kreislaufanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass  
der Hochdruck-Ladeluft/Luft-Kühler (4) neben einem Niedertemperatur-  
Kühler (5) und in Luftströmungsrichtung der Kühlluft (15) gesehen vor  
einem Haupt-Kühlmittel-Kühler (6) angeordnet ist.
- 35 5. Kreislaufanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Stirnfläche des Niedertemperatur-Kühlers (5) 20% bis 50% der ge-  
samten Stirnfläche einnimmt.

- 5
6. Kreislaufanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Niedertemperatur-Kreislauf (NK) unabhängig vom Motorkühl-Kreislauf (MK) ist und eine eigene Pumpe (10) zur Förderung des Kühlmittels (14) aufweist.
- 10
7. Kreislaufanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (10) im Niedertemperatur-Kreislauf (NK) zwischen dem Niedertemperatur-Kühler (5) und dem Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (3) oder zwischen dem Niederdruck-Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (3) und dem Niedertemperatur-Kühler (5) angeordnet ist.
- 15
8. Kreislaufanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Niedertemperatur-Kreislauf (NK) Teil eines Motorkühl-Kreislaufs (MK) ist.
- 20
9. Kreislaufanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Niedertemperatur-Kreislauf (NK) von der Druckseite einer Pumpe (9) vom Motorkühl-Kreislauf (MK) abzweigt und dem Motorkühl-Kreislauf (MK) am Motorausstritt wieder zugeführt wird.
- 25
10. Verfahren zum Betreiben einer Kreislaufanordnung (K) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladeluft (13) in mindestens zwei Stufen jeweils nach einer Verdichtung gekühlt wird.
- 30
11. Verfahren zum Betreiben einer Kreislaufanordnung (K) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladeluft (13) nach der Zwischenkühlung im Niederdruck-Turbolader (1) eine Temperatur von zwischen 40°C und 110°C aufweist.

5

## **Zusammenfassung**

10 Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung (K) mit einem Niedertempe-  
ratur-Kreislauf (NK) zur Kühlung von Ladeluft (13), die einem Motor (8) zu-  
geführt wird, bei einem Kraftfahrzeug mit einem Turbolader, wobei eine  
zweistufige Verdichtung der Ladeluft (13) in einem ersten Niederdruck-  
15 Turbolader (1) und einem zweiten Hochdruck-Turbolader (2) erfolgt, wobei  
zur Kühlung der Ladeluft (13) nach dem Niederdruck-Turbolader (1) und vor  
dem Hochdruck-Turbolader (2) ein erster Kühler (3) und nach dem Hoch-  
druck-Turbolader (2) und vor dem Motor (8) ein zweiter Kühler (4) vorgese-  
hen ist, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreislaufanord-  
nung (K).

20

(Figur 1)

25

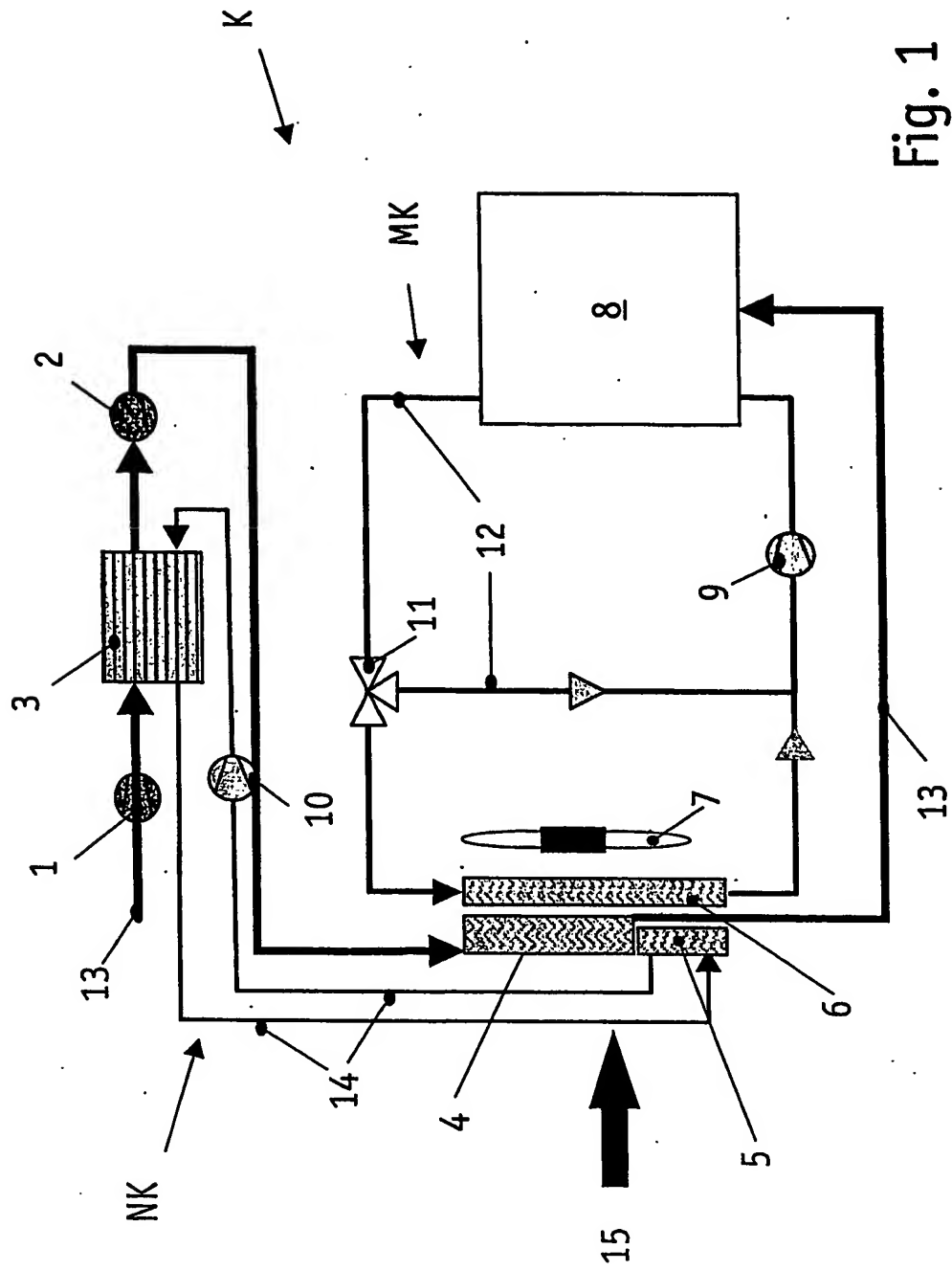


Fig. 1

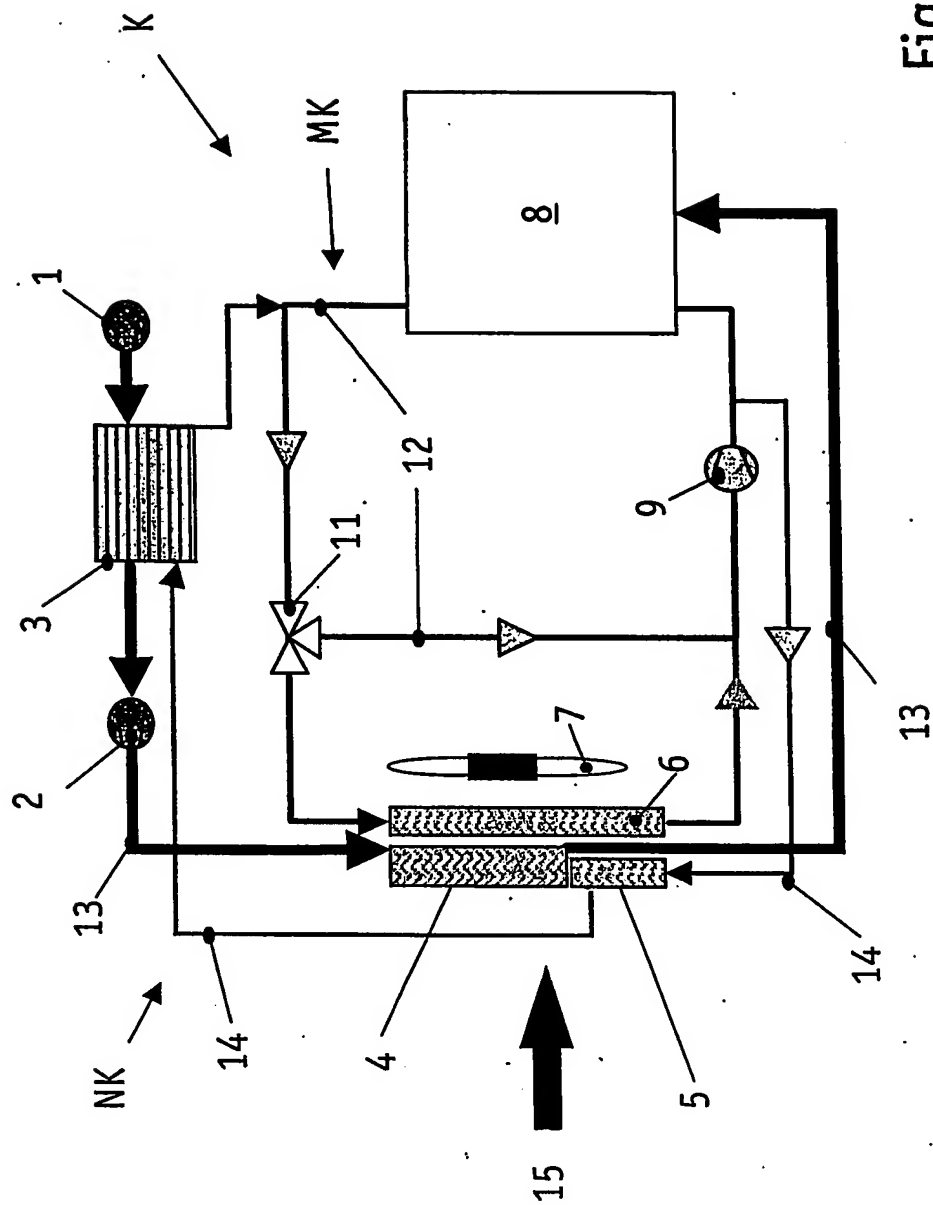


Fig. 2

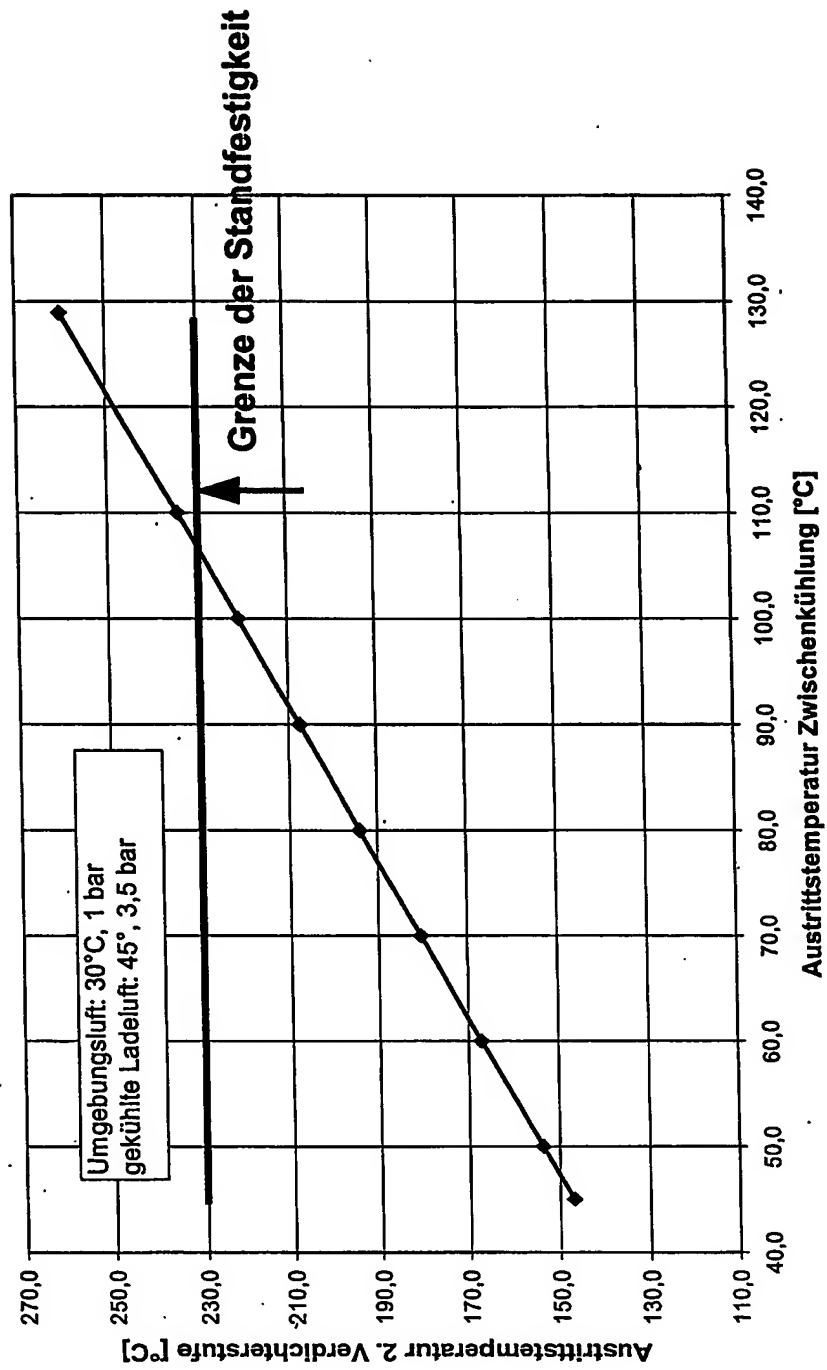


Fig. 3

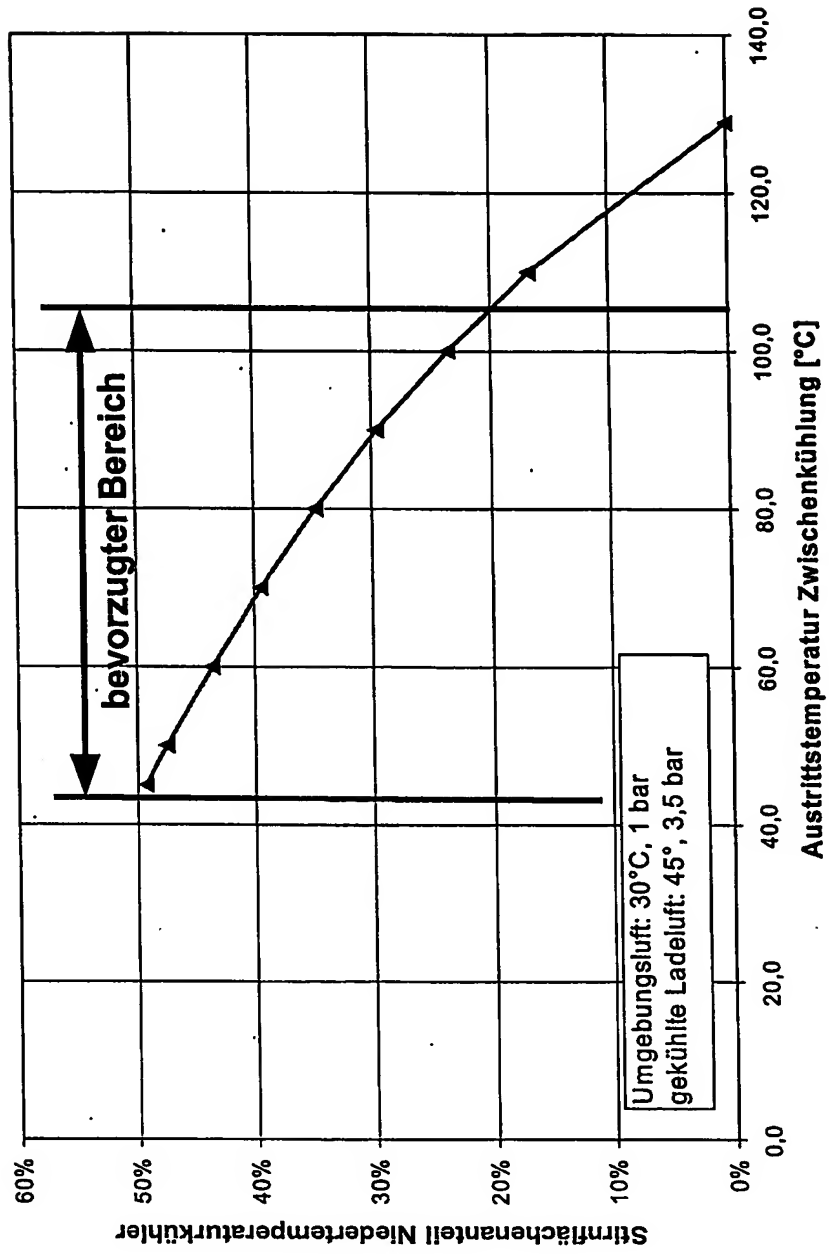


Fig. 4